

**Requested document:** [JP2000199048 click here to view the pdf document](#)

## SUBSTRATE HAVING ZINC OXIDE FILM AND ITS PRODUCTION

Patent Number: JP2000199048

Publication date: 2000-07-18

Inventor(s): ASAUMI KAZUSHI; YORINAGA MUNEO; AO KENICHI

Applicant(s): NIPPON SOKEN INC.; DENSO CORP

Requested Patent: ☐ [JP2000199048](#)

Application Number: JP19990001393 19990106

Priority Number(s):

IPC Classification: C23C14/08; C23C14/34; H01L41/08; H01L41/18; H01L41/22

EC Classification:

Equivalents:



### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a zinc oxide film satisfying both piezoelectric characteristics and film stress in an angular velocity sensor film-formed on the surface of a silicon substrate and having the zinc oxide film as a piezoelectric element.

**SOLUTION:** An angular velocity sensor 100 has a vibrator 2 formed by subjecting a silicon substrate 1 to etching or the like, a zinc oxide film 3 formed on the vibrator 2 as a piezoelectric element for driving and detecting the vibrator 2 and an electrode part 4 formed on the zinc oxide film 3 as a driving and detecting electrode, where the zinc oxide film 3 is composed of two layers continuously film-formed under different film forming conditions, i.e., of a seath layer 3a positioning at the base and for securing orientation properties and an upper layer 3b having film stress smaller than that of the seath layer 3a.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-199048

(P2000-199048A)

(43) 公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
C 2 3 C 14/08		C 2 3 C 14/08	C 4 K 0 2 9
	14/34		M
H 0 1 L 41/08		H 0 1 L 41/08	Z
	41/18		1 0 1 Z
	41/22		Z
審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-1393

(22) 出願日 平成11年1月6日 (1999.1.6)

(71) 出願人 000004695

株式会社日本自動車部品総合研究所  
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 浅海 一志

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会  
社日本自動車部品総合研究所内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外1名)

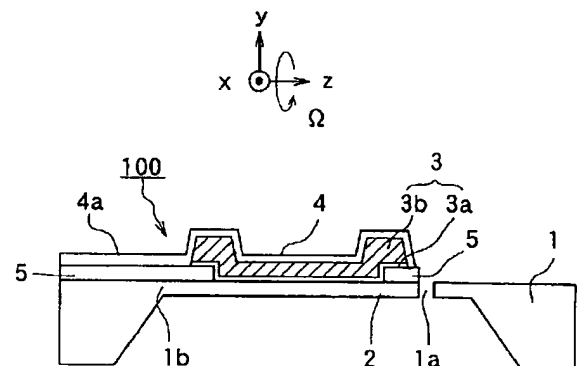
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 酸化亜鉛膜を有する基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 シリコン基板の表面上に成膜された圧電素子としての酸化亜鉛膜を有する角速度センサにおいて、圧電特性と膜応力を共に満足する酸化亜鉛膜を実現する。

【解決手段】 角速度センサ100は、シリコン基板1をエッチングする等により形成された振動子2と、振動子2の駆動及び検出用圧電素子として振動子2の上に形成された酸化亜鉛膜3と、駆動及び検出電極として酸化亜鉛膜3の上に形成された電極部4とを有する。ここにおいて、酸化亜鉛膜3は異なる成膜条件で連続成膜された2層より構成され、下地に位置し配向性を確保するためのシーズ層3aと、シーズ層3aよりも膜応力の小さい上層3bとからなる。



- 1 : シリコン基板
- 2 : 振動子
- 3 : 酸化亜鉛膜
- 3 a : シーズ層
- 3 b : 上層
- 4 : 電極部
- 1 0 0 : 角速度センサ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一面上に成膜された圧電素子としての酸化亜鉛膜(3)を有する基板(1)であって、前記酸化亜鉛膜は、異なる成膜条件で連続成膜された少なくとも2層より構成されるとともに、前記基板の一面側に位置し配向性を確保するための第1の層(3a)と、この第1の層の上に位置し前記第1の層よりも膜応力の小さい第2の層(3b)とを有することを特徴とする酸化亜鉛膜を有する基板。

【請求項2】 前記基板(1)はシリコン(Si)からなることを特徴とする請求項1に記載の酸化亜鉛膜を有する基板。

【請求項3】 一面上に圧電素子としての酸化亜鉛膜(3)を成膜してなる基板(1)を製造する方法において、

前記酸化亜鉛膜は、酸化亜鉛ターゲットを用いたスパッタリング法により、前記基板の一面上に順次、第1の層(3a)、第2の層(3b)が連続的に成膜されるものであって、

前記第1の層を、前記第2の層よりも低いガス圧もしくは低い基板温度とした条件で形成することを特徴とする酸化亜鉛膜を有する基板の製造方法。

【請求項4】 前記第1の層(3a)を形成するガス圧を1.5mTorr～5mTorr、前記第2の層(3b)を形成するガス圧を5mTorr～10mTorrとすることを特徴とする請求項3に記載の酸化亜鉛膜を有する基板の製造方法。

【請求項5】 前記第1の層(3a)を形成する際の前記基板温度を室温～300℃、前記第2の層(3b)を形成する際の前記基板温度を100℃～300℃とし、前記温度範囲において、前記第1の層を前記第2の層よりも低い基板温度とした条件で形成することを特徴とする請求項3または4に記載の酸化亜鉛膜を有する基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加速度を測定するGセンサ、角速度を測定する角速度センサ等として使用される圧電素子としての酸化亜鉛膜を有する基板及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、加速度センサ、角速度センサ等に適した圧電素子として、酸化亜鉛(ZnO)薄膜が使われている。通常、その酸化亜鉛薄膜は、シリコンウエハ等の基板上に真空蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタリング法等により形成される。さらに、この酸化亜鉛薄膜上に、電極として電子ビーム蒸着法やスパッタリング法等によりAl電極やCr電極を形成する。Al電極やCr電極は、パターニングが容易で、かつ抵抗率が低いいため、配線としても用いることが出来ることか

ら、選定されたものである。

【0003】圧電素子としての理想的な酸化亜鉛膜の特性は、配向性がよいこと、高抵抗なこと、低応力なことが望ましい。その根拠として、酸化亜鉛の結晶構造に対称中心がないため圧電性を有するとされているが、その圧電性を効率良く利用するには配向性が良いことが重要である。また、電圧を印加したときに十分な電界が酸化亜鉛膜にかかるように高抵抗にする必要がある。一方、膜の応力が高いと基板の反りが発生したり、膜の剥がれが発生する原因となる。

【0004】通常、上記のような膜質にするために酸化亜鉛膜の成膜条件を最適化することで対策している。例えば、スパッタリング法を用いた場合、基板温度、スパッタパワー、ガス圧、ガス流量等を制御し、最適条件を決定している。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のごとく、スパッタリング等で成膜する場合、種々の成膜条件を変化させて最適化を行っても、配向性が良く且つ圧電性が優れている膜は応力が高い傾向があるという、両特性が互いにトレードオフの関係になっていた。従って、従来では、圧電特性と膜応力の妥協点を見出し、その条件を最適条件としていた。

【0006】ところが、実際には、圧電特性、膜応力とも単体ではより良い特性の成膜条件があるにもかかわらず、その条件を同時に満たさないため、膜応力を低くすることを優先させて圧電特性を妥協した結果、センサ感度を犠牲にせざるを得なかったり、また、逆に圧電特性を優先させた場合、膜厚を厚くすると膜にクラックが入り、不良の原因になる等の問題があった。

【0007】本発明は上記問題に鑑み、一面上に成膜された圧電素子としての酸化亜鉛膜を有する基板において、圧電特性と膜応力を共に満足する酸化亜鉛膜を実現することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明では、基板(1)の一面上に成膜された酸化亜鉛膜(3)を、異なる成膜条件で連続成膜された少なくとも2層より構成するとともに、該基板の一面側に位置し配向性を確保するための第1の層(3a)と、この第1の層の上に位置し該第1の層よりも膜応力の小さい第2の層(3b)とを有するものとしたことを特徴としている。

【0009】本発明は、酸化亜鉛膜において、基板の一面側に位置し配向性を確保するための第1の層(3a)を有することで、上層の第2の層(3b)が低応力な膜であっても、該第2の層を下地の該第1の層の配向性にならって高配向な膜とできるという、本発明者等が実験的に見出した知見に基づくものである。これら両層の積層構造を有する酸化亜鉛膜は、高い圧電特性と低い膜応

力を有する膜を実現でき、この酸化亜鉛膜を圧電素子とした基板をGセンサ等に用いた場合には、従来の単層成膜に比べ、良好なセンサ感度が得られる。

【0010】また、請求項3記載の発明は、一面上に圧電素子としての酸化亜鉛膜(3)を成膜してなる基板(1)を製造する方法に係るものであり、該酸化亜鉛膜を、酸化亜鉛ターゲットを用いたスパッタリング法により該基板の一面上に順次第1の層(3a)、第2の層(3b)が連続的に成膜されるものとし、更に、該第1の層の方を、該第2の層よりも低いガス圧もしくは低い基板温度とした条件で形成することを特徴としている。

【0011】本製造方法は、請求項1記載の酸化亜鉛膜を有する基板を適切に製造する製造方法を提供し得るものである。また、請求項4及び請求項5記載の発明は、請求項3記載の酸化亜鉛膜を有する基板の製造方法における具体的な成膜条件を提供するもので、該成膜条件は、本発明者等の検討によって得られたものである。

【0012】なお、上記した括弧内の符号は、後述する実施形態記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。本実施形態は、酸化亜鉛膜を有する基板として、酸化亜鉛膜を圧電素子として使用する角速度センサに適用したものと説明する。図1に、本発明の一実施形態に係る角速度センサ100の模式的な断面構成を示す。

【0014】角速度センサ100は、シリコン基板1に半導体製造技術を利用した周知のマイクロマシン加工を施すことにより形成されたものであり、基板1の水平面内に、該基板1に片持ち支持された可動部としての振動子(例えば2脚音叉形状)2を形成したものである。角速度センサ100は、例えば、車両に搭載され姿勢制御に適用される角速度センサとして使用され、その場合、基板1の水平面方向(図中、z軸方向)を上下方向として搭載される。その基本動作は、振動子2を基板1の水平面内の所定方向(図中、x軸方向)に駆動振動させるとともに、z軸回りの角速度 $\Omega$ が入力されたときに発生するコリオリ力によって、振動子2がy軸方向に振動し(検知振動)、この検知振動の大きさを電気的に検出し、角速度を検出するようになっている。

【0015】次に、図1に基づき、角速度センサ100の具体的構成を述べる。なお、シリコン基板(本発明でいう基板)1において、図1中、上側の面を表面(基板の一面)、下側の面を裏面ということとする。振動子2は、シリコン基板1の裏面側の所定領域をエッチングすることにより形成されたダイヤフラムを、溝1aにより所定形状に区画することにより構成されている。図示しないが、この振動子2は、その平面形状(図1の上方から見た形状)が例えば一般的に振動子として用いられる

2脚音叉形状をなし、2脚部分とは反対側の一端側1bにてシリコン基板1の本体に片持ち支持されている。

【0016】シリコン基板1の表面側における振動子2の所定領域には、駆動及び検知用の圧電素子として酸化亜鉛膜3が形成されている(図示例では検知用の検知部分を示す)。図1に示す様に、この酸化亜鉛膜3は、シリコン基板1の表面側に位置し配向性を確保するためのシーズ層(第1の層)3aと、このシーズ層3aの上に位置しシーズ3aよりも膜応力の小さい上層(第2の層)3bとの2層構造を有するもので、圧電特性と膜応力を共に満足するようになっている。

【0017】また、酸化亜鉛膜3の上には、酸化亜鉛膜3に対して信号を入出力するための駆動電極及び検知電極としての電極部4が成膜されている。この電極部4は、シリコン基板1の表面側のTiWまたはTiNからなるバリアメタルとその上のアルミニウム(Al)膜とから構成されている。なお、図1中の電極部4は、検知用圧電素子としての酸化亜鉛膜3から検知振動による信号を取り出す検知電極を構成している。

【0018】また、シリコン基板1の表面側における振動子2の酸化亜鉛膜3が形成されていない領域には、シリコン酸化膜5が形成され、その上には、上記電極部4と電気的に接続された配線部4aが構成されている。この配線部4aは、上記電極部4と同様の材質により電極部4と一体に形成されており、図示しない外部回路と電気的に接続されている。

【0019】かかる構成を有する角速度センサ100は、上記外部回路によって、駆動電極としての電極部4に駆動信号を印加し、その部分における駆動用圧電素子としての酸化亜鉛膜3によって振動子2を、x軸方向と平行な方向に駆動振動させる。この駆動振動のもと、z軸回りの角速度 $\Omega$ が入力されたときに発生するコリオリ力によって、振動子2がy軸方向と平行な方向に振動(検知振動)し、この検知振動の大きさを検知用圧電素子としての酸化亜鉛膜3を介して検知電極としての電極部4から上記外部回路に出力し、角速度が検出される。

【0020】次に、上記角速度センサ100の製造方法について、図2に示す工程図を参照して述べる。なお、図2(a)～(f)は上記図1に示す断面図に対応した製造工程途中の断面を示すものである。図2(a)及び(b)に示す様に、シリコン基板1の表面上に、熱酸化により膜厚5000オングストローム程度のシリコン酸化膜5を形成し、このシリコン酸化膜5をパターニングして、駆動及び検知用の圧電素子としての酸化亜鉛膜3(駆動部及び検知部)を形成する部分に窓5Aを開け、窓5A内にシリコン基板1を露出させる。

【0021】次に、図2(c)に示す様に、酸化亜鉛膜3を、酸化亜鉛ターゲットを用いたスパッタリング法により、シリコン基板1の表面上に順次、シーズ層3a、上層3bを連続的に成膜する。このとき、シーズ層3a

の方を上層3bよりも低いガス圧もしくは低い基板温度とした条件で成膜を行う。つまり、シーズ層3aとして低ガス圧、低温条件で配向性が良い膜を薄く成膜しておくことで、シリコン基板1の反り量を押さえつつ、その上に上層3bとして高ガス圧、高温条件で低応力の膜を成膜する。

【0022】それによって、従来の単層成膜においては、配向性が低温、低ガス圧条件に比べ若干劣るため圧電定数がそれほど高くない条件の膜も、下地のシーズ層の配向にならって配向性良く成膜することが出来る。具体的には、スパッタリング法により、例えば高抵抗化のためにNiを2mol%添加した酸化亜鉛ターゲットを用いて、基板温度が300℃、ガス圧が1.5mTorrとなる条件で、厚さ1000オングストローム程度のシーズ層3aを成膜し、その上に基板温度が300℃、ガス圧が5mTorrとなる成膜条件で厚さ9000オングストローム程度の上層3bを成膜し、合計で1μmとなるように2層の積層構造となる酸化亜鉛膜を形成する。

【0023】本発明者等の検討によれば、このときの成膜条件の範囲としては、シーズ層3aとしては基板温度が室温～300℃、ガス圧が1.5mTorr～5mTorrで成膜し、その上の上層3bとしては基板温度が100℃～300℃、ガス圧が5mTorr～10mTorrとなる条件で成膜するのが望ましい。次に、図2(d)に示す様に、酸化亜鉛膜3をパターンニングすることにより、窓5A内のシリコン基板1を覆い且つ窓5A周縁のシリコン酸化膜5上まで延びた酸化亜鉛膜(駆動用圧電素子及び検知用圧電素子)3を形成する。

【0024】次に、図2(e)に示す様に、スパッタリング法により、例えば厚さ500オングストロームのTiWまたはTiNとその上に厚さ1000～2000オングストロームのAlを成膜し、これらをイオンミリングやドライエッチング等を用い一緒にパターンニングして、駆動及び検知電極としての電極部4とシリコン酸化膜2上の配線部4aとを一体に形成する。

【0025】次に、図2(f)に示す様に、駆動用圧電素子及び検知用圧電素子としての酸化亜鉛膜3を形成した領域におけるシリコン基板1の裏面を、アルカリ(例えばKOH水溶液等)等によりエッチングしてダイヤフラム6を形成する。最後に、シリコン基板1の表面においてダイヤフラム6の部分に、振動子2の形状を画定するパターンを有するレジスト(図示せず)を形成し、該表面側からドライエッチング等を行うことにより、溝1aにより区画された振動子2が形成される。こうして上記図1に示す断面構成が出来上がる。

【0026】ところで、本実施形態によれば、酸化亜鉛膜3において、基板1の表面側に位置し配向性を確保するためのシーズ層3aを有することで、上層3bが低応力な膜であっても、上層3bを下地のシーズ層3aの配

向性にならって高配向な膜とできる。そして、これら積層構造を有する酸化亜鉛膜3は高い圧電特性と低い膜応力を有する膜を実現でき、従来の単層成膜に比べ、良好なセンサ感度が得られる。

【0027】ここで、本実施形態の上記効果を、本発明者等が試作した従来の単層成膜構造の角速度センサと比較した具体例に示す。図3は、その従来構造の試作品を示すもので、上記図1に示す角速度センサ100において、圧電素子としての酸化亜鉛膜J3のみを単層成膜としたもので、他の部分は同一(図3中、本実施形態と同一の符号で示してある)としている。

【0028】図4は、図1で示した積層成膜構造(本実施形態)と図3で示した単層成膜構造(比較例)において、各々の圧電定数とシリコン基板1の反り量を記したものである。図中、白丸は左側の縦軸に示す圧電定数( $\times 10^{-12}$  m/V)を表し、黒丸は右側の縦軸に示す反り量(μm)を表す。図4の横軸において、比較例1は基板温度：室温(R.T.)、ガス圧1.5mTorrの成膜条件、比較例2は基板温度：300℃、ガス圧5mTorrの成膜条件で、それぞれ単層成膜された酸化亜鉛膜J3を有するものである。

【0029】また、図4の横軸において実施形態は、基板温度：室温、ガス圧：1.5mTorrの条件で成膜された厚さ1000オングストローム程度のシーズ層3aと、基板温度：300℃、ガス圧：5mTorrの成膜条件で成膜された厚さ9000オングストローム程度の上層3bとの積層構造からなる酸化亜鉛膜3を有するものである。

【0030】図4から分かるように、比較例としての単層成膜では、圧電定数と反り量がトレードオフの関係にあり、高圧電定数かつ低応力の成膜条件を探すことは容易ではない。比較例1では圧電特性が高いけれども反り量が大い(膜応力が大い)、比較例2では反り量が小さい(膜応力が小さい)けれども圧電特性が低い。それに対して、本実施形態の積層成膜では、各比較例の良い方の特性レベルを満足する、即ち、高圧電定数と低応力を共に満足させることが可能である。

【0031】(他の実施形態)なお、上記実施形態では角速度センサの例として説明したが、本発明は加速度センサ(Gセンサ)にも適用できる。例えば、加速度センサとしては、上記の構造においてy軸方向に加速度が加わったときに、振動子2が同じくy軸方向に変位し、その変位を圧電素子としての亜鉛酸化膜で検出するようなものにできる。

【0032】また、本発明の要部は酸化亜鉛膜にあるから、その他、基板、電極部等の構成は適宜設計変更してよいことは勿論である。また、一面上に成膜された圧電素子としての酸化亜鉛膜を有する基板であれば、圧電特性と膜応力を共に満足する酸化亜鉛膜を実現すべく、本発明を適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る角速度センサの断面構成を示す模式図である。

【図2】図1に示す角速度センサの製造方法を示す工程図である。

【図3】本発明者等が試作した従来構造の角速度センサ

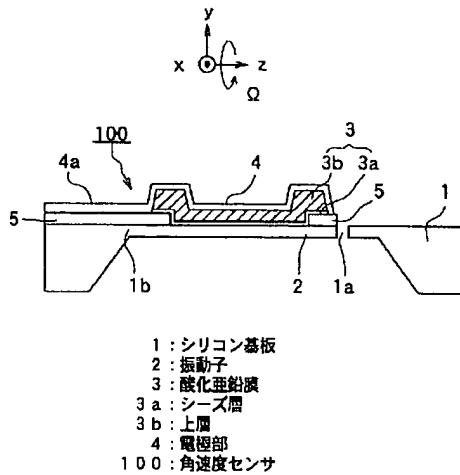
を示す図である。

【図4】本発明の具体的な効果を示す図である。

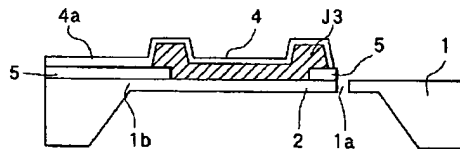
【符号の説明】

1…シリコン基板、3…酸化亜鉛膜、3a…シーズ層、3b…上層。

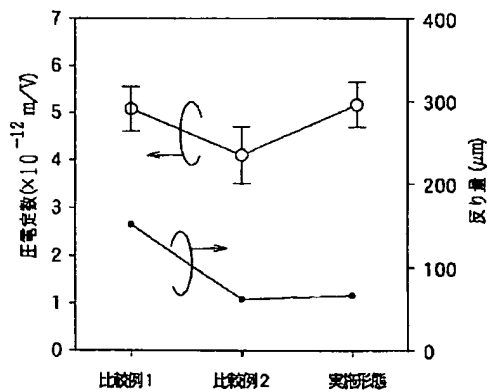
【図1】



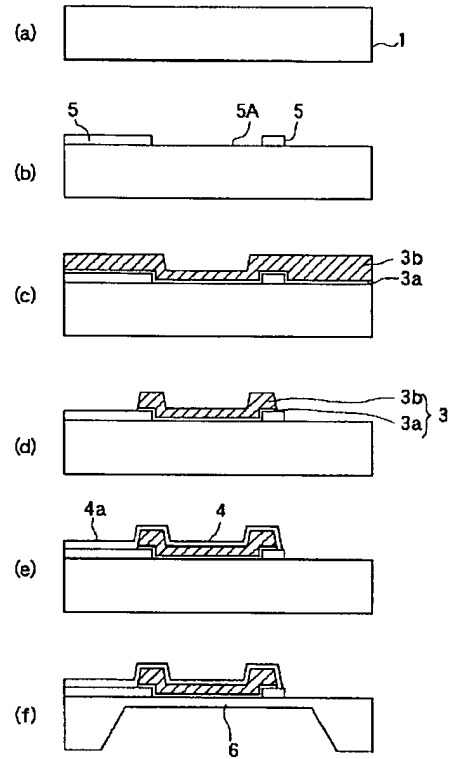
【図3】



【図4】



【図2】



!(6) 000-199048 (P2000-19JL8

フロントページの続き

(72)発明者 頼永 宗男  
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会  
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 青 建一  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内  
Fターム(参考) 4K029 AA06 AA24 BA49 BB02 CA05  
DC05 EA03 EA08